

위성 데이터에 의한 선박 탐지: RADARSAT의 대기보정과 기하보정

양찬수*

*한국해양연구원 해양안전시스템연구소 선임연구원

Ship Detection by Satellite Data: Radiometric and Geometric Calibrations of RADARSAT Data

Chan-Su Yang*

*Korea Research Institute of Ships & Ocean Engineering/KORDI, Yuseong PO Box 23, Daejeon, 305-600, Korea

요약 : RADARSAT 위성은 레이더센서를 가지고 있어 전천후 및 주야불문이라는 두 가지 주요 이점을 가지고 있기 때문에, 선박탐지를 포함하는 해상감시 분야에 있어서 중요한 역할을 할 수 있다. 그러나, 합성개구레이더의 이미징 시에 대기의 영향은 무시될 수 없으며, 또한 다양한 형태로 기하 변형이 발생하게 된다. 본 연구에서는, 레벨 1의 georeferenced SGX 데이터를 사용해서 RADARSAT의 합성개구레이더에 대한 대기/기하 보정을 실시하였다. 동일 이미지 내에서도, near range와 far range 세션의 비교를 위해서도 이와 같은 보정이 필요하다. 대기 보정은 후방산란에 대한 극소 照査부분과 입사각의 효과를 보정하여 수행되었으며, DN값을 beta nought와 sigma nought로 변환시켰다. 마지막으로 위성자세정보에서 추정되는 4점의 위치정보를 이용하여 자동 기하보정을 실시하였으며, 그 결과를 실제 좌표 값과 비교하였다. 오차는 위도방향으로 300m, 경도방향으로 260m범위 내에 있는 것으로 확인되었다. 이것은 추가로 지상기준점을 통해 보정될 수 있으며, 외해의 경우에는 적용 가능한 것으로 판단된다.

핵심용어 : RADARSAT 위성, 合成開口레이더, 대기보정, 기하보정

ABSTRACT : RADARSAT is one of many possible data sources that can play an important role in marine surveillance including ship detection because radar sensors have the two primary advantages: all weather and day or night imaging. However, atmospheric effects on SAR imaging can not be bypassed and any remote sensing image has various geometric distortions. In this study, radiometric and geometric calibrations for RADARSAT/SAR data are tried using SGX products georeferenced as level 1. Even comparison of the near vs. far range sections of the same images requires such calibration. Radiometric calibration is performed by compensating for effects of local illuminated area and incidence angle on the local backscatter. Conversion method of the pixel DN's to beta nought and sigma nought is also investigated. Finally, automatic geometric calibration based on the 4 pixels from the header file is compared to a marine chart. The errors for latitude and longitude directions are 300m and 260m, respectively. It can be concluded that the error extent is acceptable for an application to open sea and can be calibrated using a ground control point.

KEY WORDS : RADARSAT, SAR, Radiometric Calibration, Geometric Correction

1. 서론

해상에서의 보안에 관한 주제는 최근 국제해사기구(IMO)의 주된 관심사 중의 하나이다. 현재 각 선박이 적재하고 있는 화물의 종류와 관계없이 해당 영해주변을 운항하는 선박들의 위치정보를 거의 파악할 수 없는 실정이다. 2003년 제 49차 항해 안전전문위원회(NAV)에서 원거리 선박 추적과 식별에 관한 의제가 다루어졌으며, 이를 위한 방안으로 AIS의 확대를 검토하고 있다.[1,2] 하지만, 이것은 선박으로부터 전송되어온 정보에 기반을 두고 있으므로 또 다른 해상보안의 위험성이 제기되어 실제 적용까지는 많은 시간이 소요될 것으로 전망된다. 양·박

(2003)은 JERS/OPS, LANDSAT/TM, ERS-2/SAR와 같은 인공위성 데이터를 사용해서 선박과 주변 해상 정보를 수집하고 이를 이용해 해상 교통안전을 확보하기 위한 방향과 그 가능성을 제시하였다. RADARSAT 위성은 레이더센서를 가지고 있어 전천후 및 주야불문이라는 두 가지 주요 이점을 가지고 있기 때문에, 선박탐지를 포함하는 해상감시 분야에 있어서 중요한 역할을 할 수 있다. 그러나, 이미징 시에 대기의 영향은 무시될 수 없으며, 또한 다양한 형태로 기하 변형이 발생하게 된다.

본 연구에서는 캐나다의 위성인 RADARSAT을 이용하여 선박을 탐지하기 위하여 필요한 대기 및 기하보정에 관하여 고찰하였다. RADARSAT-1은 1995년 11월에 발사되었으며, 7개의 빔 모드와 25개의 빔 위치에 따라 데이터를 전송할 수 있는 합

* 대표저자 : 정희원, yangcs@kriso.re.kr, 042)868-7276

Table 1 Microwave frequency bands and corresponding satellites

Band	Frequency, GHz	Wavelength, cm	Satellite
P	0.225-0.39	133-77	AIRSAR
L	0.39-1.55	77-19	ALOS(PALSAR), TerraSAR-L
S	1.55-3.90	19-7.7	E-SAR
C	3.90-6.20	7.7-4.8	ERS(VV-Pol.), Envisat, Radarsat(HH-Pol.)
X	6.20-10.9	5.2-2.8	TerraSAR-X
Ku	10.9-18.0	2.8-1.7	CyroSAT, RAMSES
Ka	18.0-36.0	1.7-0.8	RAMSES

Table 2 SAR modes of RADARSAT

Mode	Swath width(km)	Resolution range×az(m)	Look angles	Incidence angles
Standard	100	25×28	4	20-49
Wide swath	165	48-30×28	4	20-31
	150	32-25×28	4	31-39
Fine res.	45	11-9×9	1	37-48
ScanSAR(narrow, wide)	305	50×50	2-4	20-40
	510	100×100	4-8	20-49
Extended (high, low)	75	20-19×28	4	50-60
	170	63-28×28	4	10-23

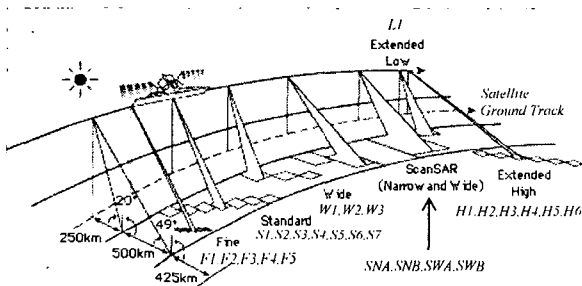


Fig. 1 RADARSAT beam modes and positions.

합성개구레이더(合成開口레이더; Synthetic Aperture Radar, SAR)기기를 갖고 있다. 또한, 이 위성은 태양동기 준회귀궤도(위성고도 798km, 궤도경사각 98.6도)에서 약 101분의 주기로 24일의 회귀일수를 갖는다. Table 1은 마이크로파 센서를 갖는 위성과 밴드, 주파수, 파장의 관계를 나타내고 있다. RADARSAT은 C-밴드(주파수: 5.3GHz, 파장: 5.6cm)의 HH편파(Horizontal-horizontal polarization)를 사용한다. Table 2에는 SAR의 7가지 관측모드에 따른 관측범위(50-500km), 분해능(10-100m), 입사각(10-60도)을 표시하였다. Fig. 1은 SAR의 빔모드와 각 모드의 위치를 도시화 한 것이다.

본 연구에서는, RADARSAT Fine Mode에서 관측된 해양의 진폭 데이터를 사용하였다. 대상 데이터의 처리레벨은 SGX(SAR Georeferenced Extra Fine Resolution product)로 하였다. Kim & Ka(2000)는 RADARSAT의 CEOS (Committee for Earth Observing Satellite) 기본 포맷에 대하여 정리하였다.

Table 3 Product characteristics

Processing Level	Mnemonic	General Characteristics	Presentation plane/Image orientation/Absolute location error/Relative geometric distortion
Signal Data	RAW	Unprocessed radar signal. Level 0 CEOS-formatted.	N/A
Single Look Complex	SLC	Amplitude and phase are preserved. Data remains in slant range. Data is calibrated.	Slant range / To satellite orbit / <750m / <40m
Path Image	SGF	Data is converted to ground range and multi-looked processed. Image remains oriented in direction of orbit path. Image is calibrated.	Ground range / To satellite orbit / <750m / <40m
Path Image Plus	SGX	Data is converted to ground range. Image remains oriented in direction of orbit path. Data has finer pixel spacing than Path Image. Image is calibrated.	Ground range / To satellite orbit / <750m / <40m
Map Image	SSG	Image is corrected to a map projection. GIS software and/or image processing software.	Ground range / To map / <750m / <40m
Precision Map Image	SPG	Image is corrected to a map projection. Client-provided GCPs are used to improve positional accuracy.	Ground range / To map / <40m / <40m
Ortho-Image	ORI	Terrain distortions are removed. Orthorectified using client-supplied DEM and maps.	Ground range / To map

여기에서는 위성 데이터를 사용하여 선박을 탐지하기 위하여 필요한 RADARSAT의 대기보정과 기하보정의 방법에 대해서 검토하고, 이를 수행하는데 요구되는 데이터 파일들의 구조를 나열하였다. 기하보정의 경우, 발생하게 되는 오차 범위에 대해서 조사를 하고, 실제 선박의 위치를 추출하는 예를 소개하였다.

2. 합성개구레이더(SAR)의 원리 및 데이터 구조

2.1 SAR의 원리

SAR는, 마이크로파를 사용하는 전파 센서이며, 직선상을 이동하면서 1초간에 1,000회 이상의 펄스 전파를 지상에 발사하고 지표면으로부터의 반사파를 수신한다. 반사파의 강도만을

Table 4 File format for RADARSAT CEOS products

File Name	Record Name / Record Size(byte)	Mnemonic
Volume	Volume descriptor record/360	vol_desc_rec
Directory	File pointer records /360	file_ptr_rec
File	Text record /360	text_rec
SAR Leader File	SAR leader file descriptor record /720	sar_desc_rec
	Data set summary record/4096	dataset_sum_rec
	Data quality summary record/1620	qual_sum_rec
	Signal data histogram record/16920	sdr_hist_rec
	Processed data 16-bit histogram record /16920	pdr16_hist_rec
	Processing parameters record/7726	proc_parm_rec
	Map projection data record /1620	map_proj_rec
	Platform position data record/8960	pos_data_rec
	Attitude data record/8960	att_data_rec
	Radiometric data record /9860	radi_data_rec
Radiometric compensation data record /16836	radi_comp_rec	
SAR Data File	Image options file descriptor record /16252	imop_desc_rec
	Signal data records / variable	sdr_data_rec
	Processed data records / variable	pdr_data_rec
SAR Trailer File	SAR trailer file descriptor record /720	sar_desc_rec
	Data set summary record /4096	dataset_sum_rec
	Data quality summary record /1620	qual_sum_rec
	Signal data histograms record /16920	sdr_hist_rec
	Processed data (8-bit) histogram record / 16920	pdr8_hist_rec
	Processing parameters record/7726	proc_parm_rec
	Attitude data record / 8960	att_data_rec
	Radiometric data record / 9860	radi_data_rec
Radiometric compensation data record / 16836	radi_comp_rec	
Null Volume Directory File	Null volume descriptor record / 360	null_vol_rec

측정하는 일반의 레이더와는 달리, SAR에서는, 반사파의 진폭과 위상을 관측한다.[5] 안테나를 탑재한 위성이나 항공기의 이동에 따라 다른 관측 위치에서 동일 대상물로부터의 반사파를 관측하여 정보를 처리하는 것으로 소형의 안테나를 사용해서 대형의 안테나로 관측한 것과 같게 높은 해상도를 얻기 위한 목적을 갖는다.

우주로부터의 SAR에 의한 관측은, 1978년 미국의 해양 관측 위성 SEASAT에서 시작되어, 일본의 지구 자원위성 1호 (JERS-1)나, EU의 ERS-1와 ERS-2, 캐나다의RADARSAT 위성 등으로 이어지고 있다. 향후, SAR관측을 위하여 RADARSAT-2(2005년 예정)와 ALOS/PALSAR (2005년 예

Table 5 Fields of the CEOS detailed parameters record for SGX product

Field	Mnemonic	Bytes	Format	Description
44	sens_config	534-543	A10	sensor configuration (ascending/descending)
45	sens_orient	544-552	A9	sensor orientation (right/left looking)
411-417	eph_orb_data	4649-4760	7E16.7	Ephemeris orbit data
418	appl_type	4761-4772	A12	Application data
419-423	slow_time_coef	4773-4882	5D22.15	Slow time coefficients
424	n_srgr	4883-4886	I4	Number of SRGR coefficient sets
425	srgr_update	4887-4907	A21	SRGR update date/time
426-431	srgr_coef	4908-5003	6E16.7	SRGR coefficients

Table 6 Fields 12 to 531 of the CEOS radiometric data(SGX) record

Field	Mnemonic	Bytes	Format	Description
13	n_samp	61-68	I8	Number of lookup table samples
14	samp_type	69-84	A16	Sample type designator
15	samp_inc (samp_ic)	85-88	I4	Increment between table entries, range samples
16-527	lookup_tab	89-8280	512E16.7	Output scaling gain table
528	spare2	8281-8284	A4	Unused
529	noise_scale	8285-8300	F16.7	Thermal noise reference level
530	spare3	8301-8316	F16.7	Unused
531	offset	8317-8332	E16.7	Scaling offset
532	calib_const	8333-8348	E16.7	Calibration constant

Table 7 Fields of the dataset summary record

Field	Mnemonic	Bytes	Format	Description
17	ellip_major	181-196	F16.7	Ellipsoid semi-major axis(km)
18	ellip_minor	197-21	F16.7	Ellipsoid semi-minor axis(km)
36	plat_lat	453-460	F8.3	Platform geodetic latitude (deg.)
122	pix_spacing	1703-1718	F16.7	Pixel spacing

정)가 발사될 예정이다.

Table 1에서와 같은 마이크로파 주파수대에서는 파장에 따라 그 특성이 다르다. 일반적으로, 짧은 파장의 전파는 물질의 표면에서 반사하기 쉽고, 긴 파장의 전파는 물질 내부에까지 어느 정도 들어가는 성질을 가지고 있다. 파장의 1/2을 넘는 크

2.2 CEOS 데이터 제품 구조

Table 8 Fields of the detailed processing parameters record

Field	Mnemonic	Bytes	Format	Description
411	eph_orb_data	4649-4664	E16.7	First element of equinoctial orbit elements=orbit semi-major axis(km)
426-431	srg_r_coef	4908-5003	6×E16.7	Pixel spacing

Table 9 Fields of the processed data record

Field	Mnemonic	Bytes	Format	Description
10	n_data_pixel	25-28	B4	Data pixel count

기의 대상물에서는 전파는 투과하지 않고 반사하며, 파장의 1/4미만의 크기에서는 투과한다. 파장의 1/2정도의 대상물에서, 는, 전파는 반사와 투과가 모두 일어난다.

Table 3은 RADARSAT 제품의 처리 레벨과 명칭에 따른 분류와 설명을 기술하였다. 레벨 0는 RAW, 레벨 1은 SLC, SGF, SGX, 이고, 레벨 2는 SSG, SPG, ORI 데이터에 해당된다. 여기에서는 SGX데이터를 사용하였다.

Table 4에는 CEOS 포맷의 파일 구조를 나타내었다. CEOS 제품은 5개의 파일로 구성되어 있다. Table 5-Table 9는 각 픽셀의 대기보정을 하는데 있어 필요한 필드를 정리한 것이다. 자세한 설명을 각 테이블의 설명을 참고 바란다.

3. 대기 보정

3.1 대기보정의 개요

마이크로파가 구름들과 대기의 효과들의 영향을 거의 받지 는 않지만 완전히 독립해 있는 것은 아니다.[5]-[7] 즉, 해양표면에 대한 신호데이터에는 표면파, 내부파, 와(eddy), 프론트, 해저지형뿐만 아니라, 기체기온의 차로 발생하는 중력 하강기류(katabatic wind)효과, 내부 중력파, 섬 뒤로 발생하는 대기 소용돌이 열, 대기 경계층의 와(boundary rolls), 해면위의 대류 미립상(convective cells) 등의 영향도 포함되어 있는 것이다. 여기서 대기보정은 방사보정으로 주로 이득(gain)과 오프셋 변동치를 수정하고 보정하는 작업이다. 대기보정과정에서 사용되는 개념을 다음과 같이 정리하였다.

레이더 단면적(Radar Cross Section: RCS, 이하 σ 로 사용)은, 물체가 전자파를 산란하는 정도를 나타내는 양으로, 일반적으로 평면 전자파가 목표물에 맞았을 때 산란되는 전자 에너지의 크기는 산란 단면적(scattering cross section)으로 표현된다. 입사방향과 관측방향이 일치하는 경우에는 1차 산란단면적이라고 하고, 후방산란단면적으로 약칭되기도 한다. 레이더의 평균 송신출력을 $P_t(W)$ 라 하고, 이 출력이 전방향 안테나를 통해 모든 방향으로 균일하게 전달된다면 거리 $R(m)$ 에서 단위면적당

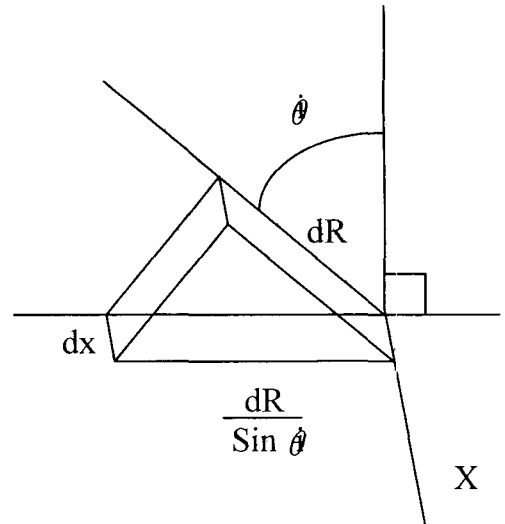


Fig. 2 Illustrating slant range relations.

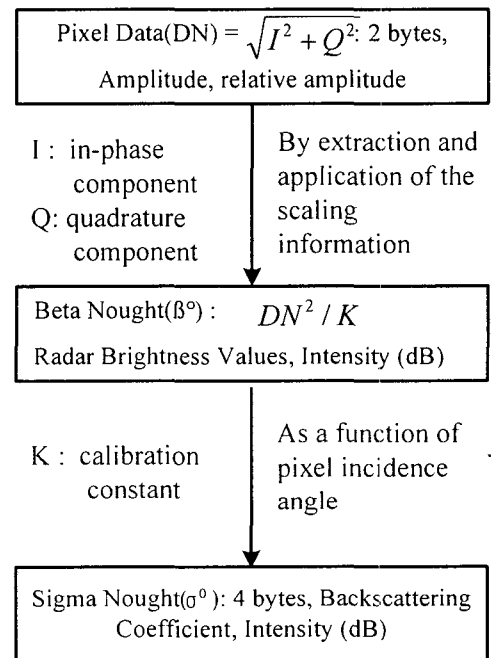


Fig. 3 Extraction procedure of beta nought and sigma nought from RADARSAT CDPF products(here ground range -SGX - image used).

전력밀도(Power Density)는

$$I = \frac{P_t}{4\pi R^2} \tag{1}$$

로 정리된다. 식(1)에 대하여 무차원 안테나 이득(Gt)을 사용하여 전파의 방사방향을 고려하게 되면, 식(1)은 다음의 식으로 표현된다.

$$I(R) = \frac{P_t G^t}{4\pi R^2} \quad (2)$$

이때 거리 R에 있는 물체로부터 산란된 전파가 수신 안테나에서 받게 되는 전력밀도는 다음과 같다.

$$I_{rec} = \frac{P_r G^r \sigma}{(4\pi R^2)^2} \quad (3)$$

식(2)와 식(3)을 σ 에 대해서 정리하면 다음과 같다.

$$\sigma = \lim_{R \rightarrow \infty} (4\pi R^2 \frac{I_{rec}}{I(R)}) \quad (4)$$

선박의 경우 σ 를 구하는 식이 다음과 같이 경험식으로 제안되었다[7].

$$\sigma = 52f^{1/2} D^{3/2} \quad (5)$$

여기에서, f 는 마이크로파의 주파수(MHz), D 는 선박의 배수톤수이다.

파장이 λ 인 SAR의 레이더 방정식은 안테나 개구 전체에 입사하는 마이크로파의 전력밀도 P_r 로 표현되며, 후방산란단면적(backscatter RCS)이 적용된다.

$$P_r = \frac{P_t (G^t)^2 \lambda^2}{(4\pi)^3 R^4} \sigma \quad (6)$$

Fig. 2에서와 같이 beta nought(β^0) 혹은 레이더 휘도(radar brightness)는 RCS를 사면거리(slant range)에 대해서 무차원화한 값이다.

$$\beta^0 = \sigma / dx dR \quad (7)$$

sigma nought(σ^0) 혹은 후방산란계수(backscattering coefficient)는 i 번째 픽셀의 입사각(θ_i)과 beta nought의 곱으로 표현된다.

$$\sigma^0 = \beta^0 \cdot \sin \theta_i = \frac{\sigma \cdot \sin \theta_i}{dx dR} \quad (8)$$

일반적으로 레이더 데이터는 side-looking으로 관측되므로 관측 각도에 따라 영상내의 픽셀 값이 변화하게 된다. 그래서 해면과 같이 균질하고 넓은 지역을 조사하기 위해서는 레인지(range) 방향에 대한 입사각의 영향을 보정해 주어야만 정확하게 데이터간의 변화 값을 비교할 수 있다. Sigma nought는 입사되는 마이크로파 radiation을 레이더로 다시 되돌려 주는 정도를 말하는 양으로서, 각 위성별로 제안하는 방법이 있고 요구

되는 값들은 CEOS leader file에서 찾을 수 있으며, dB로 측정되어진다. 각 위성마다 위성의 센서 특징, calibration 정도 등에 따라 sigma nought를 구하기 위한 방법은 다소 차이가 있다. Fig. 3은 RADARSAT SAR의 경우, DN값을 사용하여 beta nought와 sigma nought을 계산하는 과정을 나타낸 것이다. 자세한 설명은 이하의 절에서 논의된다.

3.2 Beta Nought(β^0) 추정

각 데이터의 픽셀은 하나 또는 두 개(SLIC의 경우, I와 Q)의 DN으로 표현되며 탐지된 픽셀의 크기를 나타낸다. 스케일링에 관한 자료는 'CEOS 방사 데이터 기록'란에 기재되어 있다 (Table 6). 여기에서는 픽셀 DN을 beta nought(β^0) 혹은 레이더 휘도 값으로 변환시키는 방법에 대해서 소개한다.

DN_j이 데이터의 레인지(range) 방향의 처음부터 j번째 픽셀의 크기를 나타내는 디지털 숫자라면, 이 픽셀에 대한 beta nought는 다음과 같이 표현된다.

$$\beta_j^0 = 10 * \log_{10} [(DN_j^2 + A3) / A2_j] dB \quad (9)$$

여기에서, A_{2j}는 j번째 스케일링 이득(gain)값, A₃는 고정 오프셋이다. A₃는 Table 6에서 보이는 것처럼 바로 얻을 수 있으며, A_{2j}는 룩업테이블(lookup table, LUT table)을 참고로 하여 선형 내삽법을 사용해 구할 수 있다. 여기에서 beta nought의 단위는 dB이다. A_{2j}는 위성의 Ascending과 Descending모드에 따라 각각 Near Range First와 Far Range First로 데이터가 만들어지므로 이를 고려해서 값을 계산해야 한다. Near Range First 데이터에 대해서는,

$$A2_j = Ai_L + [(Ai_U - Ai_L) * ((j / samp_ic) - i_L)] \quad (10)$$

여기에서, $i_L = \text{floor}(j / \text{samp_ic})$

$$i_U = \text{ceil}(j / \text{samp_ic})$$

$$j = \text{samp_ic} * (n_samp - 1)$$

Far Range First 데이터에 대해서는,

$$A2_j = Ai_L + [(Ai_U - Ai_L) * ((n_data_pixel - j - 1 / \text{samp_ic}) - i_L)] \quad (11)$$

여기에서, $i_L = \text{floor}(n_data_pixel - j - 1 / \text{samp_ic})$

$$i_U = \text{ceil}(n_data_pixel - j - 1 / \text{samp_ic})$$

$$j = n_data_pixel - \text{samp_ic} * (n_samp - 1)$$

와 같이 해서 A_{2j}를 구하였다. 여기에서, samp_ic는 룩업테이블 값들 사이의 증분, n_data_pixel은 레인지 방향의 픽셀 개수,



Fig. 4 Overview of test area and RADARSAT Fine Beam 4 ground range image; January 13, 2003, orbit 37542, ascending, right-looking.

n_samp 는 A_i 의 개수로 513이다. A_{i0} 와 A_{iL} 은 각각 i_0 와 i_L 에 대한 이득 값이다.

3.3 Sigma Nought 추정

레이더 휘도 (β^0)와 레이더 후방산란 계수(σ^0) 혹은 sigma nought사이의 관계는 다음과 같이 표현된다.

$$\sigma_j^0 = \beta_j^0 + 10 * \log_{10}(\sin I_j) \text{ dB} \quad (12)$$

여기에서, i_j 는 j 번째 입사각이고, 데이터의 Near Range First와 Far Range First의 조건에 따라 다음과 값을 계산해야 한다.

Near Range First 데이터의 경우, 사면 거리(slant range) RS_j 는,

$$RS_j = a + j.dRg.b + (j.dRg)^2.c + (j.dRg)^3.d + (j.dRg)^4.e + (j.dRg)^5.f \quad (13)$$

Far Range First 데이터의 경우 RS_j 는,

$$RS_j = a + k.dRg.b + (k.dRg)^2.c + (k.dRg)^3.d + (k.dRg)^4.e + (k.dRg)^5.f \quad (14)$$

로 표현되며, i_j 는 다음과 같이 계산된다.

$$I_j = \arccos \left[\frac{(h^2 - (RS_j)^2 + 2.r.h)}{2.RS_j.r} \right] \quad (15)$$

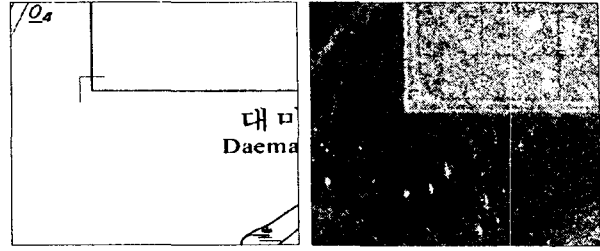


Fig. 5 Comparison of maritime chart(left) and auto-geocorrected RADARSAT/SAR(right) image). Box is a ground reference point, used for comparing two figures.

여기에서, 계수 a에서 f는 Table 8에서 얻어지고, h(궤도 높이)와 r(지구반경)은 Table 7과 Table 8을 이용하여 계산하였다.

4. 기하 보정

Fig. 4는 대상해역의 범위를 나타내고 있으며, 2003년 1월 13일 18시 28분 41초(중심점)에 빔 4 ascending모드로 오른쪽으로 보고 취득한 데이터이다.

기하 보정에는 일반적으로 지상기준점(GCP, Ground Control Point)을 선택하여 위성데이터에 지리좌표를 참조시키는 방법이 사용된다. 하지만, 이 방법은 특정 소프트웨어나 해도 등의 GCP자료가 필요하므로 시간의 소모가 크다. 여기서는 위성 자세와 위치 정보를 이용하여 추정되는 4점의 위치를 기반으로 자동 좌표변환을 실시하고 이 결과를 해도의 GCP와의 비교를 통해 오차의 범위를 추정하였다. 리샘플링(resampling)방법은 WGS-84좌표계에 대해서 최근접법(nearest neighbor)을 사용하였다.

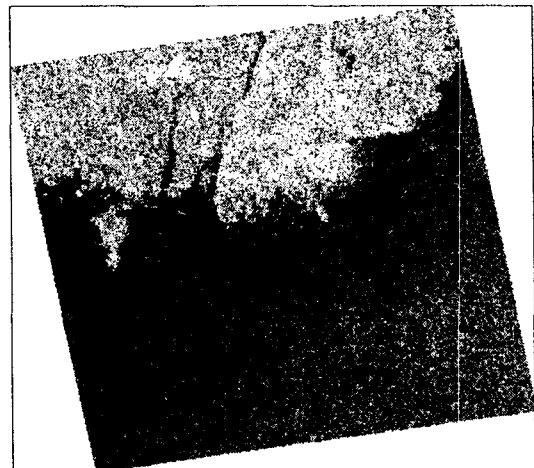


Fig. 6 Radiometrically corrected and Comparison site of maritime chart(left) and auto-geocoded image.

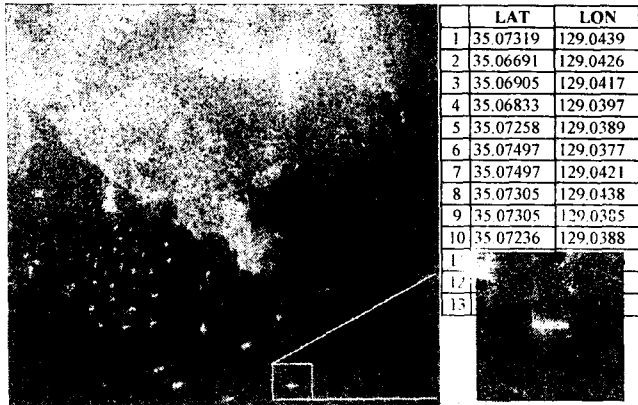


Fig. 7 Positions of ships in and around Busan Port, represented with a intensity.

입력화상 전체크기는 line 17845, pixel 15900이었으나, 출력 결과는 23133 x 20541로 크기에서 약 1.5배로 늘어났다.

Fig. 5는 자동으로 시행한 기하보정의 결과를 해도와 비교하여 나타낸 그림이다. 오차는 위도방향으로 300m, 경도방향으로 260m범위 내에 있는 것으로 확인되었다. 이것은 추가로 지상기준점을 통해 보정될 수 있으며, 외해의 경우에는 적용 가능한 것으로 판단된다.

Fig. 6은 대기/기하 보정을 완료한 강도(intensity)값을 나타낸 것이며, Fig. 7은 부산항 주변의 해역에 대해서 선박들의 위치를 좌표 값으로 목록을 만든 것이다. Fig. 7에서 오른쪽 아래의 그림은 강도 값으로 표시된 선박의 예를 나타내고 있다.

5. 결론

RADARSAT은 선박탐지를 포함하는 해상감시에 있어서 중요한 역할을 할 수 있는 데이터 중의 하나이므로, 본 연구에서는 이들의 적용방법을 위한 검토를 수행하였다. 구체적으로는 합성개구레이더 데이터에 기하/대기 보정을 실시하였으며, 이를 위한 필요한 자료 구조의 소개와 함께, 그 결과를 논의하였다.

대기보정을 위해서, DN을 beat nought와 sigma nought로 변환하였으며, 마지막으로 자동 기하보정결과를 실제 좌표 값과 비교하였다. 이들의 오차 값은 위도방향으로 300m, 경도방향으로 260m범위 내에 있는 것으로 확인되었다. 즉, 이 범위는 참조점이 없는 외해에 대해서는 바로 적용 가능한 것으로 판단된다. 향후, 다른 데이터 형식에 대해서도 추가로 검증작

업을 실시하여 위치 정확도의 향상시킴을 위한 노력이 필요하다.

후 기

본 논문의 내용은 해양(연) 해양시스템안전연구소에서 기본 연구사업으로 수행중인 "해양위해도 통합관리시스템 기반기술 개발", 과기부의 인위재해방재기술개발사업으로 수행중인 "인공위성 활용 해상 교통안전 정보시스템 유출유 관측/정보 시스템 개발"과 공공기술연구회의 협동연구사업(주관: 한국항공우주연구원)인 "인공위성 데이터를 활용한 해난사고 위험도 맵 개발"의 연구결과 중 일부를 밝힌다. 또한 자료조사 및 데이터 처리에 많은 도움을 준 서울대학교 자연과학대학의 김덕진박사에게 감사드립니다.

참 고 문 헌

- [1] Curlander J.C. and McDough R.N.(1991), "Synthetic Aperture RADAR Systems and Signal Processing", John Wiley & Sons, pp.647.
- [2] IMO(2003), Measures to Enhance Maritime Security: Long Range Tracking and Identification of Ships, NAV 49/12.
- [3] IMO(2003), Measures to Enhance Maritime Security: Long-range ship's identification, position reporting and monitoring, NAV 49/12/1.
- [4] Kim M.J. and Ka M.H.(2000), Technical Review of ERS and RADARSAT SAR CEOS Format for Geocoding and Terrain Correction Applications, J. of the Korean Society of Remote Sensing, Vol.16, No.2, pp.189~198.
- [5] RADARSAT International(1997), "RADARSAT CEOS Product Specification", No.RSI-GS-026, pp.126.
- [6] Skolnik, M.I.(1990), "Radar Handbook", 2nd edition, McGraw-Hill, New York.
- [7] Yang, C.S. and Park, Y.S.(2003), Merging of Satellite Remote Sensing and Environmental Stress Model for Ensuring Marine Safety, Inter'l J. of Navigation and Port Research, Vol.27, No.6.

원고접수일 : 2004년 05월 19일

원고채택일 : 2004년 06월 20일